

СИМУЛЯЦІЯ АНАЛОГОВОЇ ІНТЕГРОВАНОЇ МІКРОСХЕМИ В СЕРЕДОВИЩІ MICRO CAP - 9

к.т.н., доц., Прищеп М. М., Озінний С. Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

З метою прискорення процесу проектування та розробки інтегрованих мікросхем і впровадження їх у виробництво та економії коштів виконують моделювання мікросхем за допомогою спеціальних прикладних програм. Після створення моделі досліджують електричні параметри мікросхеми та оцінюють придатність тої чи іншої архітектури до впровадження у виробництво. За допомогою моделювання з великої кількості модельних рішень можна вибрати оптимальне.

Методи аналізу, розрахунків і проектування схмотехнічних елементів базуються на моделях основних елементів інтегрованих мікросхем, тож як вихідні взято електричні параметри, які за умови групових способів виробництва транзисторів однакових конструкцій будуть однаковими в межах усього кристала. При однакових параметрах транзисторів і вибраних методах аналізу та проектування аналітичні вирази для розрахунків основних параметрів схмотехнічних елементів набувають усталеної форми.

У цій частині роботи було проведено симуляцію першого каскаду (диференційного підсилювача) розроблюваної мікросхеми.

Нами розглядалися два варіанти схем: диференційний підсилювач за схемою «спільний колектор» — «спільна база» — «спільний емітер» (Рис. 1) — с. 1 та диференційний підсилювач за такою ж схемою включення, але з додатковою стабілізацією струмів живлення (Рис. 2) — с. 1.

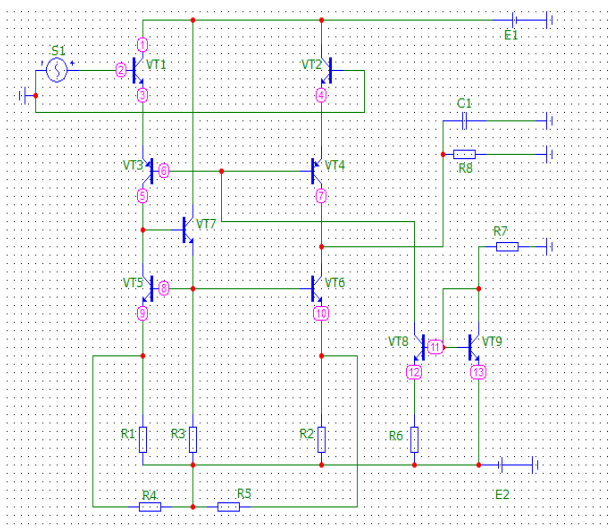


Рисунок 1. Схема диференційного підсилювача без стабілізації

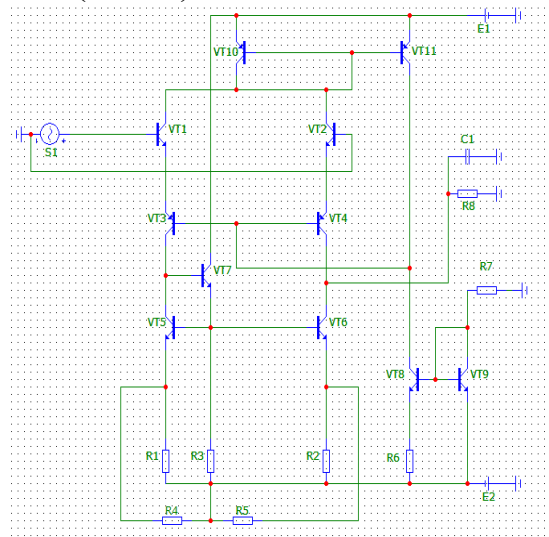


Рисунок 2. Схема диференційного підсилювача з додатковою стабілізацією

Проведено дослідження схем за різних значень струмів живлення, та побудовані їх частотні характеристики.

Результати симуляцій диференційного підсилювача без стабілізації приведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Теоретичне значення I_0 , мкА	Амплітуда вхідного сигналу, мкВ	Амплітуда вихідного сигналу, мВ	K_U	Фактичний вхідний опір r_i , кОм	R_6 , кОм	R_7 , кОм
10	0,95	0,95	1000	2047,4	625	9,3
50	0,95	2	2105,3	409,2	99,8	9,3
100	0,95	2	2105,3	205,4	44,5	9,3
150	0,95	2	2105,3	101,7	27,5	9,3

Результати симуляцій диференційного підсилювача з стабілізацією приведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Теоретичне значення I_0 , мкА	Амплітуда вхідного сигналу, мкВ	Амплітуда вихідного сигналу, мВ	K_U	Фактичний вхідний опір r_i , кОм	R_6 , кОм	R_7 , кОм
10	0,95	0,95	1000	2144,5	11,5	9,3
50	0,95	2	2105,3	425,7	1,5	9,3
100	0,95	2	2105,3	211,8	0,57	9,3
150	0,95	2	2105,3	105,8	0,315	9,3

Моделювання проводилося за напруги живлення ± 10 В. Аналіз моделювання показав, що схеми поводять себе приблизно однаково, проте ми бачимо, що у схемі з додатковою стабілізацією опір резистора R_6 на порядки менший, ніж у схемі без додаткової стабілізації. Це є досить вагомою перевагою, оскільки підсилювач виконаний на інтегрованій мікросхемі, а отже нам бажано створювати резистори з якомога меншим номіналом.

За низьких рівнів струму I_0 максимальний коефіцієнт підсилення, що вдалося отримати в симуляції не перевищує 1000. При зростанні струму I_0 для нормального функціонування схеми необхідне коректування за допомогою резисторів R_6 та R_7 .

При дослідженні функціонування схем диференційних підсилювачів за вхідних сигналів від 0,1 мкВ до 5 мкВ отримано орієнтовний максимум (3 мкВ), адже при підвищенні відбувається придушення сигналу зверху, що є неприпустимим.

Аналіз частотних характеристик показав, що частота зрізу схеми без стабілізації становить 150 кГц, а схеми з стабілізацією – 1,5 МГц. Далі йде нормальний спад (10 дБ на декаду).

Перелік посилань

1. Прищепа М. М., Погребняк В. П. Мікроелектроніка. В 3 ч. Ч. 1. Елементи мікроелектроніки: Навч. Посіб. / За ред. М. М. Прищепи, – К.: Вища

шк., 2004. – 431с.

2. Цифровые и аналоговые микросхемы: Справочник / С. В. Якубовский, Л. И. Ниссельсон, В. И. Кулешова и др.; Под ред. С.В. Якубовского. – М.: Радио и связь, 1990. – 496с.

3. Прищепа М. М., Погребняк В. П. Мікроелектроніка. В 3 ч. Ч. 2. Елементи мікросхемотехніки: Навч. Посіб. / За ред. М. М. Прищепи, – К.: Вища шк., 2006. – 503с.

4. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10. – Смоленск, Смоленский филиал НИУ МЭИ, 2013. – 618 с.,

Анотація

Проведено теоретичний аналіз функціонування диференційних підсилювачів в аналогових мікросхемах на біполярних транзисторах. Отримано аналітичні вирази для розрахунків основних параметрів: коефіцієнта підсилення, вхідного та вихідного опору. Також були отримані вирази для розрахунку номіналів ключових елементів схеми.

Проведено порівняльний аналіз схемотехнічних рішень диференційних підсилювачів на основі проведених симуляцій, що дало змогу оцінити переваги та недоліки досліджуваних ДП.

Ключові слова: інтегрована мікросхема, диференційний підсилювач.

Аннотация

Проведено теоретический анализ функционирования дифференциальных усилителей в аналоговых микросхемах на биполярных транзисторах. Получены аналитические уравнения для расчётов основных параметров: коэффициента усиления, входных и выходных сопротивлений. Также были получены уравнения для расчёта номиналов ключевых элементов схемы.

Проведен сравнительный анализ схемотехнических решений дифференциальных усилителей на основе проведенных симуляций, что дало возможность оценить преимущества и недостатки исследуемых ДП.

Ключевые слова: интегрированная микросхема, дифференциальный усилитель.

Abstract

Theoretical analysis of operation of differential amplifiers in analog circuits using bipolar transistors. The analytical expressions for calculation of basic parameters: amplification factor, input and output resistance. There were obtained expressions for nominals key elements of the scheme.

A comparative analysis of the differential amplifier circuit solutions on the basis of simulations, allowing us to evaluate the advantages and disadvantages of differential amplifiers.

Keywords: integrated chip, differential amplifier.